26

DU FER

Et de l'Etude Anatomique

Des Rumex Crispus et Obtusifolius

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue
à l'Ecole Supérieure de Pharmacie de Montpellier
le 1903

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

PAR

P. SAGET

Pharmacien de 1re classe

Pour obtenir le titre de Docteur de l'Université
de Montpellier
Mention Pharmacie

JURY
MM. JADIN, Professeur, *Président.*
IMBERT, Professeur.
ASTRUC, Chargé d'Agrégation.

CUSSET PRÈS VICHY
IMPRIMERIE ARLOING ET BOUCHET
BOUCHET. Successeur
—
1903

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545824_0033

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE MONTPELLIER

PROFESSEURS

MM. G. MASSOL (I. P. ✪), DIRECTEUR.	*Physique.*
L. COURCHET (I. P. ✪)	*Histoire nat. des médicaments et Botanique.*
C. ASTRE (I. P. ✪).....	*Chimie générale.*
PLANCHON (I. P. ✪).....	*Matière médicale.*
JADIN (I. P. ✪).....	*Pharmacie.*
IMBERT (A. ✪).....	*Chimie analytique et Toxicologie.*

COURS COMPLÉMENTAIRES ET AUXILIAIRES

MM. FONZES-DIACON, agrégé	*Chimie naturelle.*
BELUGOU, chargé du cours.....	*Minéralogie et Hydrologie.*
GAUCHER, chargé du cours	*Botanique cryptogamique.*
ASTRUC, chargé du cours.....	*Pharmacie galénique.*
BELUGOU, chargé du cours.....	*Analyse qualitative.*

AGRÉGÉS

MM. FONZES-DIACON (A. ✪).
GAUCHER (A. ✪), chargé des fonctions.
ASTRUC, chargé des fonctions.
BELUGOU (A. ✪), chargé des fonctions.

Secrétaire : H. GOT (I. P. ✪).

NOTA. — L'École de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les candidats dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.

A la mémoire de ma Mère.

Hommage de piété filiale.

A ma Famille.

A mes Amis.

A Monsieur le Professeur JADIN.

A Monsieur le Professeur IMBERT.

A Monsieur le Professeur Agrégé ASTRUC.

INTRODUCTION

Depuis la naissance des sciences naturelles et depuis que les progrès de la chimie ont permis de pousser jusqu'au bout les investigations sur la constitution des principes dont l'ensemble constitue un végétal, un grand nombre de principes immédiats ont été isolés des végétaux et leurs formules ont été fixées.

Cependant SCHLAGDENHAUFEN, dans son traité d'analyse immédiate des végétaux, constate que la chimie pure dans les facultés des sciences, la chimie physiologique et pathologique dans les hôpitaux et facultés de médecine, sollicitent l'attention des chercheurs au détriment de la chimie des végétaux qui ne trouve plus d'adeptes, dit-il, que dans les laboratoires de quelques rares officines.

On peut remarquer en effet que si les principes bien définis, alcaloïdes, sucres, acides, gras, sont en nombre considérable, isolés des végétaux et étudiés, les principes amorphes dont l'iso-

lement à l'état de pureté absolue n'est garanti par aucun criterium sont quelque peu délaissés. Lorsqu'ils sont nommés leur histoire est bien courte, et les traités de chimie qui en font mention se bornent à une simple nomenclature et embrassent dans une formule globale un nombre indéterminé et probablement considérable de composés.

Précisément les principes immédiats les moins étudiés sont les plus importants par leur abondance dans la nature et par le rôle qu'ils jouent dans l'existence des êtres organisés.

Un grand nombre d'entre eux, intermédiaires obligatoires entre le règne minéral et le règne animal président à la nutrition de ce dernier. Elaborés par les plantes qui en font la synthèse en partant des éléments, ils fixent ces éléments sur les tissus animaux incapables de réaliser la même synthèse.

Outre les principes ternaires et quaternaires se trouvent dans les plantes des principes phosphorés, sulfureux, ferrugineux, iodés, qui font également partie intégrante des tissus animaux, et si la nature spéciale de ces principes rend difficile ou impossible leur isolement à l'état de pureté et leur étude, ils ne perdent pas pour cela de leur intérêt.

Avant de présenter ce travail qui a pour objet l'étude d'un principe ferrugineux, je dois confesser que je n'ai pu en réaliser l'isolement. Pour mon excuse, je dirai que beaucoup de savants ont fait la même tentative sans mieux réussir. Bunge, Zaleski, Magallum, Bensley, Mackenzie, Vogel, ont étudié le fer dans les végétaux et n'ont pu tirer de leurs travaux que des conclusions relatives à la localisation du fer dans les tissus végétaux. Rien n'a été fait sur la constitution chimique de ce fer. On me pardonnera bien de n'avoir pu arriver moi-même qu'à un résultat incomplet en faveur de l'intérêt thérapeutique que présentent les deux végétaux étudiés.

J'adresse ici mes plus vifs remerciements à M. le professeur Jadin, pour l'inaltérable complaisance avec laquelle il m'a dirigé, conseillé, aidé, rendu possible un travail que l'éloignement de tout centre intellectuel rendait matériellement difficile, à M. le professeur Imbert, qui a bien voulu mettre à ma disposition, à moi inconnu, le précieux appui de sa science chimique avec une urbanité dont je lui serai toujours reconnaissant, à M. le professeur agrégé Astruc, qui m'a apporté l'appui de la dialectique la plus rigoureuse pour l'argumentation de ce travail.

CHAPITRE I

LES PLANTES FERRUGINEUSES

Divers auteurs se sont appliqués à rechercher et à déceler le fer soit dans les plantes, soit dans les cellules animales. Ces recherches sont délicates et ont souvent donné des résultats incomplets. Bunge et Zaleski furent les premiers qui les recherchèrent dans les cellules animales. Ils employaient comme réactif le sulfure d'ammonium.

Bunge notamment s'en servit pour déceler le fer dans l'hématogène et l'en séparer. Macallum et Bensley l'essayèrent et le firent agir sur la chromatine isolée, puis sur les tissus.

Macallum prit des parties de mésentère de necturus, les mit dans un flacon avec du sulfure d'ammonium et tint la bouteille à l'étuve pendant plusieurs jours. Au bout de ce temps, les tissus montrèrent au milieu des vaisseaux sanguins une couleur bleue verte. Sous le microscope la réaction du fer était nette dans les globules rouges du sang et dans leurs noyaux.

Les éléments cellulaires restants montrèrent seulement une couleur diffuse dans la cellule et le noyau. Le même résultat fut obtenu en plongeant les préparations dans des solutions alcoo-

liques de sulfure d'ammonium pendant 24 heures à la température du laboratoire.

D'autres tissus restèrent deux semaines ou plus dans le sulfure d'ammonium chaud, mais aucune réaction ne se manifesta dans la chromatine des cellules.

Les conditions dans lesquelles avaient été faites ces expériences ne paraissant pas satisfaisantes à Macallum, il chercha d'autres méthodes.

La glycérine, mise en contact avec le sulfure d'ammonium à une température modérée pendant quelque temps, n'a pas d'influence sur ce corps et n'est pas influencée par lui.

Il traita par le sulfure d'ammonium une coupe de testicule de necturus durci à l'alcool à 70° et la plaça sous une cloche. Il ajouta alors une goutte de glycérine sur un des bords de la préparation et la mit à l'étuve pendant trois jours à une température de 60°. Il l'examina au microscope et trouva que la réaction distinctement visible dans le corps de la cellule et dans le noyau des globules rouges était aussi visible dans les noyaux d'un groupe de cellules testiculaires, situées en un coin de la préparation.

Cette préparation fut replacée à l'étuve, et un examen journalier montra que le nombre des cellules présentant la réaction du fer augmentait en même temps que l'intensité de la couleur des noyaux qui avaient été colorés les premiers.

Au bout de vingt jours, la grande majorité des noyaux testiculaires présentaient une couleur allant du vert clair au bleu vert, au vert sombre ou au noir.

Au microscope, avec un objectif puissant, on voyait la couleur groupée autour des nodules de chromatine et de tissu nucléaire. Au bout de trois semaines, les noyaux adjacents au bord de la préparation commencèrent à perdre leur apparence colorée, et, finalement, la chromatine prit une apparence rouillée due à la formation d'oxyde ferrique.

Une solution d'acide chlorhydrique et de ferrocyanure de potassium mises en présence, donna immédiatement au noyau de couleur rouillée une couleur bleu azur foncé. Il était ainsi abondamment démontré que la chromatine seule, dans de telles cellules présentait la réaction du fer avec la sulfure d'ammonium, car les figures kariokinétiques qui se trouvaient dans la même préparation

et le reste de la substance cellulaire n'étaient pas influencés par le réactif.

Pensant que si le fer entre en composition dans la chromatine de la cellule animale, il doit aussi se trouver dans les cellules végétales, Bensley applique sa méthode à l'étude de la distribution du fer dans ces dernières.

Les recherches subséquentes de Bensley confirmèrent cette hypothèse. Depuis, il a trouvé que les cellules polliniques du dianthus, du cucurbita, du narcissus et les cellules des sacs polliniques du hyacinthus, fixées dans l'alcool, donnaient après l'application pendant quelques jours de sulfure d'ammonium chaud, la réaction bleue verdâtre ou vert foncé.

Il a observé que la chromatine des figures kariokinétiques des graines polliniques du cucurbita donne une coloration intense avec le sulfure d'ammonium.

L'application des réactifs colorés (hématoxyline et réactif de Kzokor) montre en même temps une diffusion de la chromatine d'un des deux noyaux des grains de pollen murs dans la cellule pollinique, et cette diffusion continue jusqu'au passage de la presque totalité de la chromatine en dehors du noyau.

Il employa souvent une solution d'hématoxyline à 5 % en solution dans l'eau. Cette substance n'a aucune action colorante sur le fer à l'état de composé organique. Elle donne au contraire une coloration bleu noir, ou bleuâtre avec un sel de fer en solution.

Dans quelques grains polliniques murs fixés par l'alcool, il se produit par le sulfure d'ammonium, après un séjour de plusieurs jours dans une étuve, une réaction ferrique correspondant en intensité et en distribution à la couleur produite par les réactifs colorants, diffuse dans le noyau, fortement marquée autour du noyau, à peine indiquée à la périphérie de la cellule.

A mesure que la maturation du grain de pollen avance, la réaction ferrique est plus facile à obtenir, et quand la maturité est complète, la cellule pollinique donne avec du sulfure d'ammonium fraîchement préparé, et en quelques heures, une réaction vert clair qui devient un peu plus foncée après un séjour de quelques jours au four chaud.

Bensley a pu aussi déterminer à l'aide du ferrocyanure, le passage du sel de fer de la portion basale des faisceaux fibrovasculaires dans l'ovaire après l'ouverture de la fleur.

Il a pu suivre ces sels de fer par des sections de l'ovaire à travers le raphé des ovules jusqu'aux limites de ce dernier.

Au-delà de ce point, le fer, s'il existe, est masqué de telle façon qu'il ne donne plus de réactions avec les solutions acides de ferrocyanure de potassium. Les sections des ovules ne présentent aucune réaction avec le sulfure d'ammonium chaud.

Bensley détermina ainsi la présence du fer dans la chromatine d'un grand nombre de cellules végétales. Mackenzie entreprit l'étude de la distribution du fer dans les champignons et les algues. Les résultats de cet examen furent très encourageants. Il a trouvé, par exemple, que dans la gonidie du *cystopus-candidus* fixée dans l'alcool, l'application de sulfure d'ammonium chaud et de glycérine pendant huit jours, décèle la présence de quatre (ou plus) corps arrondis bleu vert mesurant 16 μ de diamètre et correspondant au noyau des zoogonidies, le reste du protoplasma de la gonidie restant absolument incolore. Les parties colorées donnaient l'impression d'une gonidie transformée en un noyau entièrement coloré de vert iodique.

Mackenzie a aussi observé d'intéressants résultats par l'emploi du sulfure d'ammonium avec certaines algues qui renferment une substance analogue à la chromatine et contenant du fer.

Hans Molish a étudié les plantes dans leurs rapports avec le fer. Comme ses prédécesseurs, il admet que dans les végétaux le fer existe sous deux formes, soit à l'état de combinaison lâche, c'est-à-dire décelable par les réactions ordinaires des sels de fer, soit à l'état de combinaison masquée, c'est-à-dire tellement forte que les réactifs les plus énergiques sont impuissants à le déplacer de sa combinaison.

Le fer masqué est extrêmement abondant dans la nature. On en trouve, dit Viaud, dans toutes les cendres végétales.

Molish découvre une méthode nouvelle pour rendre sensible aux réactifs le fer masqué, et il parvient à localiser ce fer de la manière suivante : Il fait macérer la substance à examiner dans une solution saturée de potasse ou de soude caustique (probablement un deliquium de ces bases), pendant plusieurs jours ou ou même plusieurs semaines. Puis, après lavage rapide à l'eau pure, il la soumet aux réactifs ordinaires du fer, surtout à l'épreuve du ferrocyanure de potassium.

Grâce à cette méthode, il parvient à reconnaître les combinaisons organiques masquées du fer, même quand ces substances n'en contenaient que des traces.

D'après cet auteur, cette combinaison étroite est transformée par la potasse en une combinaison lâche facile à déceler par les réactifs ordinaires. Molish se garde d'émettre des hypothèses sur le mécanisme de cette transformation intime des sels ferriques donnent la réaction du bleu de Prusse, et cette réaction très précise a lieu dans l'intérieur de la cellule même en fixant le fer au point où il se rencontre naturellement. Quand il n'y a que des traces, on n'obtient qu'une coloration bleue verdâtre ; les réactifs ne doivent pas être trop concentrés.

D'après Zaleski, c'est Vogel qui a le premier démontré en 1845, la présence du fer dans les plantes à l'aide du sulfure d'ammonium. Seize ans plus tard, Grohe se sert de ferrocyanure de potassium. Mais c'est surtout Perls et Quincke qui firent des recherches systématiques sur ce sujet. Perls se sert comme réactif du *rhodankalium* (sulfocyanure de potassium).

A Weiss et Wiesner on doit les premières recherches microchimiques. Ils se servirent d'une solution alcoolique de rhodankalium et firent des coupes avec un couteau d'argent ou de platine.

Bunge a isolé de l'œuf la forme organique du fer. Il a appelé hematogène la substance isolée.

Molish étudie le fer en combinaison lâche dans cent espèces d'algues, dans cent espèces de champignons, dans les lichens, les mousses, les graines. Il trouve dans toutes ces substances végétales une quantité de fer très minime, tantôt à l'état minéral (oxydule), tantôt à l'état organique. Le plus souvent, la matière ferrugineuse est contenue dans la membrane qu'elle imprègne. Exceptionnellement elle est contenne à l'intérieur de la cellule.

Algues. — Fer dans vingt espèces sur cent.

Amphiroa rigida.
Antithamniom plumula Thur.
Bryopsis plumosa Ag.
Callithamniom Byssoideum Arn.
Chylocladia articulata Grev.
Cladophora sp.
Cotenella opuntia Grev.
Crouania attenuata Ag.

Digenea simplex.
Liagora viscida.
Lomentaria clavata J. Ag.
Padina pavonia Gaillon.
Spyridia filamentosa Harv.
Batrachospermum monoliforme Roth,
Cladophora œgagropila.
Closterium.
Gomphonema.
Œdogonium.
Peyssonelia Squamaria Decne.
— Dubyi Crouan.
Valonia utricularis.

Avant Molish, Hanstein avait reconnu la présence du fer dans un certain nombre de conferves ; Klebs en avait trouvé également dans la membrane de certaines algues.

Champignons. — Sur les cent espèces étudiées, Molish ne trouve du fer que dans le tubercularia vulgaris et dans le rhizomorpha fusca, sans parler des bactéries ferrugineuses comme la eisen bacterie de Vinogradsky.

Lichens.

Acarospora fuscata.
Aspicilia cinereofurescens.
Lecidea tesselata.
— lithophila.
— dicksonii.
— confluens.
— lactea.
— silacea.
— armeniaca.
— déclinans.
— dubia.
— declinascens.
— morio.
— subterluescens.
— petrœa.
— platycarpa.
— atrobrunnea,
— coufervoïdes.
— crustulata.
— contigua.
Jonaspis chrysophana.
Rhizocarpon obscuratum.
Urceolaria Œderi.
— cinerea.

Gumbel avait déjà signalé avant Molish la présence du fer dans le lecidea diclinans.

Comme dans les groupes précédents, le fer ne se trouve pas dans l'intérieur des cellules, mais dans leur membrane même. Pour Gumbel il se trouve sous forme de combinaison organique, mais Molish le conteste.

Mousses. — Comme pour les espèces précédentes, le fer se trouve localisé dans les membranes des cellules. Les cellules les plus riches sont celles de la marge des feuilles.

Les espèces dans lesquelles le fer a été localisé sont :

Fontinalis antipyretica.
— squamosa.

Graines. — Sinapis alba. — Le fer est localisé dans l'intérieur de la cellule. Pendant la germination, le fer disparaît au bout de la première semaine. Egalement dans les graines de :

Brassica nigra.
— oleracea.
— napus.
Raphanus sativus.
Rapistrum perenne.
Capsella bursa pastoris.
Peltaria alliacea.
Arabis turrita.

Dans les graines de graminées qui présentent un endosperme volumineux et un petit embryon, on trouve le fer dans la couche la plus superficielle de l'embryon.

Lorsque la graine est composée d'un gros embryon, c'est dans les couches superficielles de l'embryon que se trouve le fer.

La réaction est intense avec l'embryon des graminées, chénopodacées, amaranthacées, caryophyllées, crucifères et violacées.

La réaction est faible avec les solanées, euphorbiacées, verbenacées et beaucoup de conifères.

Sachs a montré que si l'on prive de fer de jeunes plantes au début de leur développement, cela ne les empêche pas de pousser et d'avoir des feuilles vertes. Il est probable qu'elles utilisent le fer contenu dans la graine. Elles ne deviennent pâles et chlorotiques que lorsque leur réserve de fer est épuisée.

Molish étudie aussi le fer en combinaison masquée dans les espèces suivant :

Capsella bursa pastoris.

Racine. — Tous les éléments de la racine en contiennent.

Tige. — Tous les éléments de la tige en contiennent.

Feuille. — La pétiole contient du fer. L'épiderme, les poils, le tissu fibreux contiennent du fer. Le mesophylle n'en contient que très peu. Les parois cellulaires seules en sont imprégnées.

Fleur. — Le pollen est très ferrugineux.

Selaginella cuspidata.

Racine. — Toutes les parties en contiennent.

Tige. — Toutes les parties en contiennent.

Feuille. — L'épiderme et les éléments vasculaires contiennent du fer.

Les cellules du mesophylle en contiennent peu ou point.

Aspergillus niger.

Toutes les cellules de ces champignons contiennent du fer.

Usnea barbata.

Toutes les cellules contiennent du fer.

En résumé :

Les différents auteurs dont nous venons de citer les travaux on localisé le fer dans un certain nombre de plantes, soit à l'état lâche soit à l'état masqué, mais n'ont absolument rien fait pour tenter de l'isoler des tissus végétaux et rechercher la nature de sa combinaison. Ils n'ont pu qu'apprécier la nature organique ou inorganique de cette combinaison par l'existence ou la non existence des réactions colorées produites par le **blutlangensalz** ou ferrocyanure de potassium, le **rhodankalium** ou sulfocyanure de potassium, le tanin, l'acide salicylique, l'hématoxyline.

De plus Molish dans ses études, trouve des plantes pourvues de très peu de fer en combinaison lâche et d'autres plantes pourvues de quantités de fer invraisemblables en combinaison masquée.

Voici les dosages de fer qu'il indique pour un certain nombre d'espèces végétales.

TABLE I

CENT GRAMMES DE CENDRES PURES CONTIENNENT :

NOMS DES SUBSTANCES	NOMBRE DE GRAMMES DE Fe_2O_3 CONTENUS DANS 100 GR. DE CENDRES		
	GRAINES	RACINES	FEUILLES
Betterave.....	0,46	0,76	1,32
Turnips (brassica).....	1,97	1,07	1,29
— —		**5,99**	**2,60 à 6,13**
Carotte...	0,99	1,20	**2,74**
Chicorée.....	0,87	**2,62**	1,98
Artichaud.....		0,51	1,51
Chou-rave.....		0,46	**6,05**
Radis		1,16	**8,72**
Navette.....	0,48	—	—
Garance.....	**3,74**	1,18	—
Noix de galle.....	1,32	—	0,42
Hêtre	**2,66**	—	1,44
Oranger.....	0,80	1,02	0,52
Pin	**3,01**	—	**4,63**
Sapin	1,31	—	1,19
Sapin jaune	0,61	—	**7,40**

TABLE II

CENT GRAMMES DE CENDRES PURES CONTIENNENT :

NOMS DES SUBSTANCES	NOMBRE DE GRAMMES DE $F^2 O^3$
Festuca elatior	4,36
Epinard	4,60
Carex vesicaria	4,90
Bourgeon de melèze	6,41
Ail, Oignon	7,04
Feuilles de radis	8,72
Juncus conglomeratus	2,70 à 9,03
Bourgeons de pin	8,08
Fibres de lin	3,95 à 9,15
Lemna trisulca	9,89
Bois de pin	10
Elodea canadensis	1,70 à 10,23
Sphagnum palustre	13,60
Bois de sapin	14,03
Parmelia	14,37
Chlorangium jussufü	19,01
Feuilles de thé	4,75 à 19,31
Trapa natans plante	26,51
— — enveloppe du fruit	**68,60**

Ces chiffres, surtout ceux de la table II sont tellement considérables que j'ai tenu à vérifier une partie d'entre eux. J'ai trouvé des chiffres très inférieurs à ceux de Molish. J'ai résumé dans le tableau suivant les richesses en fer d'un certain nombre de végétaux, et indiqué comparativement les résultats obtenus par Molish, par différents auteurs et par moi-même.

Commentant les travaux des Allemands, un auteur français, Viaud, émet l'hypothèse que dans toute plante le fer existe sous deux états ; l'état minéral qu'il identifie avec les combinaisons lâches des Allemands, le fer rendu organique par suite de son assimilation par le végétal, et il identifie ce composé au fer en combinaison masquée. Il dit en substance :

« Par la force végétative, le fer monte dans la plante, s'y « transforme en fer organique, c'est le fer masqué, ou fortement « combiné..... Par la capillarité, le fer emplit les vaisseaux de la « plante sans se modifier, c'est presque le fer minéral. »

Il est impossible de partager cet avis. Déjà le fer qui monte par capillarité dans le végétal possède une forme organique, et il est facile de s'en rendre compte de la manière suivante :

Prenons une racine de rumex crispus poussée dans un terrain riche en fer. Lavons cette racine avec le plus grand soin pour la débarrasser de toute la terre adhérente qui est ferrugineuse et pourrait produire des erreurs. Fendons l'écorce avec l'ongle ou une lame de corne, et enlevons complètement l'écorce de manière à mettre à nu le cylindre central. Celui-ci apparaît alors recouvert d'un réseau constitué par les vaisseaux et les fibres.

Mouillée avec une solution de ferrocyanure de potassium, la surface du cylindre central reste blanche. Dès qu'elle est touchée avec de l'acide chorhydrique étendu, toute la partie vasculaire touchée par l'acide devient bleue et se détache en bleu sur le fond blanc du cylindre.

La tige présente la même réaction.

La sève ascendante a donc déjà subi un commencement d'organisation.

Après élaboration dans les feuilles le fer organique ne peut pas être considéré comme nécessairement masqué. On verra en effet dans la suite de ce travail que le cambium donne précisément sur les coupes la réaction la plus intense.

La même expérience peut être répétée avec un végétal à fer masquée ; en prenant le plus riche de tous, le radis, il est facile de voir que ni la racine ni le pétiole ne donnent la réaction bleu de Prusse dans aucune de leurs parties. Cette expérience permet même de voir que déjà la nature masquée est acquise au fer dès son entrée dans la racine, car la réaction n'apparaît pas, même avec addition d'acide chlorhydrique.

Tableau comparatif des quantités de fer contenu dans un certain nom

NOMS DES SUBSTANCES	POIDS DE LA SUBSTANCE		POIDS DES CENDRES	POIDS DE FER EXP. PERS
	SÈCHE	FRAICHE		
Bois de sapin	100 gr.		0 gr. 920	6 millig
Bourgeons de pin	100 gr.		1 gr. 735	4 millig
Epinards feuilles	?	?	?	
Thé	100 gr.	?	7 gr. 05	131 millig
Bourse à pasteur	100 gr.	?	8 gr. 10	80 millig
Radis feuilles	100 gr.	1,000 gr.	16 gr. 66	84 millig
Trapa natans fruit	100 gr.	?	0 gr. 800	25 millig
Betterave feuilles				
Chou-rave feuilles	100 gr.	900 gr.	5 gr. 50	6 millig
Chou vulgaire				
Carotte racine				
Blé graîne	100 gr.	?	?	5 millig
Seigle				
Orge				
Avoine	100 gr.	?	?	2 milli
Riz				
Maïs				
Cresson				
Lentille				
Haricot				
ÉPOQUE DE LA FLORAISON — Rumex crisp. Montpellier tiges et feuilles	100 gr.		3 gr. 805	5 milli
ÉPOQUE DE LA FLORAISON — Rumex crispus Vichy, tiges et feuilles	100 gr.		4 gr. 140	28 milli
ÉPOQUE DE LA FLORAISON — Rumex crisp. Vichy, racines	100 gr.		9 gr. 25	75 milli
ÉPOQUE DE LA FLORAISON — Rumex crispus cultivé, racines	100 gr.		8 gr. 40	92 milli
ÉPOQUE DE LA FLORAISON — Rumex obt. tiges et feuilles	100 gr.		1 gr. 62	269 milli
ÉPOQUE DE LA FLORAISON — Rumex obt. racine	100 gr.		5 gr. 690	447 miili

végétaux d'après divers auteurs et mes propres expériences

ER CONTENU DANS 100 GR. DE CENDRES		FER CONTENU DANS 1 KILOG. DE SUBSTANCE SÈCHE	
XP. PERS.	AUTEURS	EXP. PERS.	AUTEURS
2 millig.	9 gr. 835 Molish	60 millig.	
0 millig.	5 gr. 65 Molish	40 millig.	
	3 gr. 22 Molish	1 gr. 31	17 millig. Gaube. 4 millig. Boussingault.
gr. 871	2 gr. 32 à 13.51 Molish		
7 millig.		800 millig.	
4 millig.	7 gr. 70 Molish	840 millig.	
gr. 125	48 gr. Molish	250 millig.	
	1 gr. 32 Molish		6 millig. Gaube.
9 millig.	4 gr. 23 Molish		
	1 gr. 20 Molish	3 millig. 9	3 millig. 9. Boussingault. 3 millig. 3. Vill.
		5 centig.	5 centig. Gaube.
		20 millig.	260 millig. Gaube. 52 millig. Gaube. 13 millig. Gaube. 13 millig. Boussingault.
			1 millig. 5. Boussingault. 15 millig. Gaube. 3 millig. 1. Vill. 8 millig. 3. Boussingault. 7 millig. 4. Boussingault.
0,131 milg		50 millig.	
6 millig.		280 millig.	
0 millig.		750 millig.	
gr. 095		920 millig.	
gr. 605		2 gr. 69	
gr. 855		4 gr. 470	

CHAPITRE II

ETUDE BOTANIQUE DU RUMEX CRISPUS ET DU RUMEX OBTUSIFOLIUS

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA FAMILLE DES POLYGONACÉES

Les Polygonacées sont des plantes herbacées ou vivaces, arbustes ou arbres, à tige parfois volubile ou grimpante, feuilles isolées rarement opposées. Pétiole plus ou moins embrassant, ordinairement muni de stipules. Fleurs hermaphrodites ou polygames disposées en cymes bipares ou unipares, hélicoidal, elles-mêmes groupées en épis ou ombelles. Involucre, dont l'une des bractées se développe seule le plus souvent. Calice à 3, 4, 5, 6 sépales. Androcées à un seul verticelle d'étamines. Pistil à 2, 3, 4 carpelles surmontés d'autant de styles fruit, Akène à trois ou quatre angles, enveloppé par les pièces persistantes du calice. Graîne à albumen amylacé entier ou ruminé.

La famille est divisée en cinq tribus différenciées par la conformation de l'albumen, la présence ou l'absence de gaine stipulaire, le nombre des sépales et des étamines. Ces cinq tribus : Rumicées, Polygonées, Triplaridées, Kœnigées, Crionogées, se divisent en 31 genres comprenant plus de 600 espèces.

Les Polygonacées constituent une famille nettement délimitée ne se rattachant qu'aux plombaginées qui se différencient par un calice et une corolle nettement pétaloïde, un androcée isostémoné, un ovule à placenta grêle et recourbé, et aux primulacées qui se distinguent par l'absence d'ochréa, un androcée isostémoné à pièces oppositi-pétales, et un placenta supportant plusieurs ovules non orthotropes.

Les *rumex*, de la tribu des rumicées ont les caractères suivants :

Fleurs cycliques au nombre de trois ; feuilles à ochréa ; fruit non ailé, périanthe plus ou moins membraneux lors de la maturation, n'adhèrent jamais solidement au fruit.

Crispus. — Feuille crêpelée sur les bords, tige ronde, de couleur rouge, peu profondément cannelée.

Obtusifolius. — Feuille plane, lancéolée à pointe obtuse. Tige profondément cannelée.

Morphologie interne.

Identique pour les deux espèces.

Racine. — Zone subéreuse à petits éléments ; zone parenchymateuse gorgée de grains d'amidon très petits, parsemée de grosses cellules à parois épaisses et à contenu jaunâtre (Utricules à tannin de Schmidt). Mâcles d'oxalate de chaux dans le crispus. Ces mâcles n'existent pas dans l'obtusifolius.

Liber en masses triangulaires allongées radialement, séparées les unes des autres par des rayons medullaires.

Cambium circulaire ininterrompu, ondulé dans l'obtusifolius. Faisceaux ligneux allongés radialement et pénétrant jusqu'au centre de la tige.

Tige. — Epiderme composé d'un rang de cellules allongées tangentiellement.

Parenchyme composé de cellules riches en chlorophylle à la partie externe, en amidon à la partie interne.

Masses collenchymateuses formant les saillies de la tige chez l'*obtusifolius*. Ce collenchyme n'existe pas chez le *crispus*. Mâcles d'oxalate de chaux chez le *crispus*. Ces mâcles n'existent pas chez l'*obtusifolius*.

Le péricycle s'est transformé en un arc fibreux plus épais en face des faisceaux libéro-ligneux.

Faisceaux libéro-ligneux très distincts enveloppés complètement par une gaîne scléreuse. Il y a deux sortes de faisceaux ; les uns courts, ils sont normaux ; les autres longs, présentent une anomalie dont je parlerai tout à l'heure. Les faisceaux longs et les faisceaux courts alternent deux par deux.

La portion scléreuse qui borde les faisceaux du bois du côté de la moelle est très développée dans l'*obtusifolius*.

Rayons medullaires larges et sclerifiés.

Moelle réduite et disparaissant de bonne heure.

L'anomalie de structure des faisceaux longs a été souvent signalée. Elle existe dans un grand nombre de *rumex* Sanio la signale en 1865 dans le *crispus*. Schmidt et Dutailly, 1879, signalent la même anomalie dans les *rheum*. Puis Hérail l'étudie en 1886 dans les *rumex crispus, longifolius, maximus, undulatus, patientia*. Perdrigeat en 1899 l'étudie dans les mêmes espèces et en outre dans les *rumex conglomeratus, purpureus, orientale, intermedius*.

Cette anomalie consiste dans la formation d'un, deux ou trois cordons de liber surnuméraire qui prennent naissance sur le prolongement radial des faisceaux longs. L'un de ces faisceaux surnuméraires est sur le prolongement du faisceau normal, les autres sont latéraux et peuvent manquer. Tous ces cordons surnuméraires s'entourent d'un cambium et celui du milieu, le principal, donne naissance à du bois (Fig. 1). Hérail et Perdrigeat diffèrent d'avis sur l'existence du bois du côté du cordon surnuméraire qui regarde la moelle. Ces deux auteurs sont ceux qui ont étudié ces anomalies dans les dernières années. Hérail s'exprime ainsi [1] :

(1) Loc. cit. p. 284.

« Si l'on observe une tige développée sur une coupe transversale, on verra que la zone libéro ligneuse comprend des faisceaux « de deux sortes. Les uns sont fortement allongés dans le sens « radial, les autres sont beaucoup plus courts. Ces derniers sont « normaux. Les autres faisceaux seuls présentent l'anomalie dont « je vais étudier le développement. Dans une tige jeune, tous les « faisceaux ont la même longueur et ne présentent pas la moindre « particularité. Il est à remarquer que chacun de ces faisceaux est « plongé au milieu d'une masse homogène de sclerenchyme. En « effet, la partie de péricycle qui les borde à l'extérieur, une partie « du tissu conjonctif des rayons medullaires, et quelques assises « périphériques de la moelle entourant intérieurement le bois « primaire passent rapidement et de très bonne heure à l'état de « sclérenchyme. Au bout d'un certain temps, à la périphérie du « tissu conjonctif médullaire non épaissi, on voit quelques cellules « s'entailler et donner naissance à de petits amas de tubes cribreux « qui sont presque toujours situés en face des faisceaux externes.

« Mais, en même temps que le liber se produit, le tissu « conjonctif environnant se sclérifie et ce nouveau sclérenchyme « se réunit à celui qui entourait déjà le faisceau normal. Par suite, « à ce moment, chacune des masses sclereuses renferme un faisceau libero-ligneux et un faisceau liberien. Avant d'aller plus « loin, je tiens à faire remarquer que ce liber n'appartient pas du « tout au faisceau primitif et qu'il en est indépendant pour deux « raisons ; en premier lieu parce qu'il apparaît bien après la constitution définitive du faisceau libero-ligneux, et en second lieu « parce que ces amas liberiens ne se forment pas toujours en face « des trachées ; parfois ils prennent naissance en face des rayons « médullaires, parfois aussi il se produit en face de certains faisceaux deux masses liberiennes qui sont englobées dans la même « masse sclereuse. Mais ces deux masses n'apparaissent jamais « simultanément ; il s'en forme d'abord une, puis la deuxième « apparaît bientôt, tout à côté. Plus tard enfin, la portion externe « du liber se cloisonne tangentiellement et il se produit un cambium qui donne naissance sur sa face externe à du bois sans « trachées, sur sa face interne à du liber au centre duquel se « différencient souvent quelques fibres. On a donc ainsi deux « faisceaux orientés diversement et situés sur la même ligne « radiale. Ces deux faisceaux sont parfaitement indépendants l'un

« de l'autre ; mais comme ils sont plongés au milieu d'une même « masse sclereuse, on avait pu croire que cet ensemble ne consti- « tuait qu'un seul et même faisceau. L'étude du développement « montre bien clairement qu'il n'en est rien. Si, primitivement, on « avait deux masses liberiennes formées séparément à la pointe du « menu faisceau, la gaîne sclereuse comprendra trois faisceaux, « un faisceau orienté normalement et deux faisceaux orientés en « sens inverse. En outre, si le liber s'est formé en face d'un rayon « médullaire, il se forme un faisceau dont la gaîne se réunit inté- « rieurement à celle de deux faisceaux situés de chaque côté du « rayon médullaire. On a bien toujours trois faisceaux réunis en « un seul, mais ici il y a deux faisceaux normaux et un seul fais- « ceau anormal. Ces deux observations prouvent une fois de plus « l'indépendance des faisceaux internes par rapport aux faisceaux « extérieurs. »

Perdrigeat de son côté n'accepe pas l'opinion de Hérail, du moins au sujet du développement du bois dans le faisceau surnuméraire. Il dit [1] :

« Dans la zône périmédullaire s'est formé un gros cordon « liberien interne, et deux petits cordons latéraux. Tous les trois « s'entourent d'un cambium, et seul le cordon interne présente « un cambium à évolution rapide. Ce dernier donne naissance à « des éléments ligneux, vaisseaux et parenchyme ligneux, aussi « bien dans le sens centripète que dans le sens centrifuge, c'est-à- « dire aussi bien vers le bois du faisceau normal, que vers le « centre de la tige. Tous les faisceaux normaux de la tige ne sont « pas accompagnés dans leur zone périmédullaire, de ces produc- « tions anormales ; il n'y a que les plus grands qui en sont « pourvus.

« Lorsque ce cordon de liber interne apparaît de bonne heure, « le cordon de cambium a le temps de se développer rapidement, « et de donner déjà quelques vaisseaux ligneux avant la selérifi- « cation de la zône périmédullaire ; mais bientôt celle-ci épaissit « ses membranes, sclérose ses éléments, et enraye en partie sinon « totalement, l'évolution du cambium. Enfin, dans les exemples « que nous avons signalés, nous n'avons jamais vu les régions « latérales du cordon de liber interne donner naissance à des

(1) Loc. cit. p. 29.

« productions ligneuses. Nous estimons en effet, qu'elles peuvent « mieux se développer dans le sens radial, grâce à l'énorme lacune « médullaire dont ces tiges sont généralement pourvues, que dans « le sens tangentiel.

« Ainsi, tandis que pour M. Hérail, la production ligneuse de « ce faisceau liberien interne serait seulement centrifuge, elle est « pour nous à la fois centrifuge et centripète. »

Nos observations concordent absolument avec celles de M. Perdrigeat. Dans la figure que nous donnons (fig. 1), on voit nettement les éléments ligneux abondants du côté externe, et en très petit nombre, deux ou trois vaisseaux d'ouverture restreinte du côté interne.

Pétiole. — Epiderme à éléments minces allongés tangentiellement. Parenchyme occupant toute la surface de la coupe et présentant sept faisceaux libero-ligneux symétriquement distribués dans l'obtusifolius un nombre plus considérable dans le crispus. Les saillants du pétiole sont constitués par du collenchyme.

Feuille. — La feuille a une très faible épaisseur, cinq assises de cellules en moyenne entre les deux épidermes. La surface supérieure est formée par de grandes cellules tabulaires ; immédiatement au-dessous se trouve une assise de cellules palissadiques peu allongées, irrégulières ; sous cette couche trois à quatre assises de cellules formant un tissu lâche parsemé de nombreuses lacunes. Les cellules les plus rapprochées de l'épiderme inférieur sont plus petites en général que celles qui avoisinent l'épiderme supérieur.

La feuille porte à sa face inférieure quelques poils rigides à surface ridée. (Fig. 6).

En coupe transversale, la nervure centrale présente huit gibbosités formées par des cordons de collenchyme. Au-dessous de chaque cordon de collenchyme se trouve un faisceau libero-ligneux entouré d'un tissu protecteur lignifié.

Le collenchyme est caractéristique. Il est composé de cellules petites, à membranes épaisses cellulosiques, et très irrégulières. La fig. 4 montre que souvent les parties épaisses de la membrane cellulosique s'amincissent au point de contact de deux cellules de manière à ne laisser entre ces deux cellules qu'une mince membrane cellulosique favorable aux échanges osmotiques.

La cuticule est chagrinée à la partie externe et souvent les cellules épidermiques se prolongent en un poil unicellulaire. .

CHAPITRE III

ETUDE CHIMIQUE DU RUM. OBTUSIFOLIUS

Les parties de plante employées sont les racines et les tiges seules à ma disposition.

La méthode employée est celle de Dragendorf modifiée quant à l'emploi de l'alcool et de l'eau.

Dragendorf conseille en effet de traiter la substance pulvérisée par macération dans l'alcool absolu, puis par macération dans l'eau froide.

Après évaporation du macératum aqueux et sa réduction à l'état sirupeux, il est additionné d'alcool absolu dans la proportion de 1 à 2, ce qui donne un liquide alcoolique à 66°, duquel précipitent toutes les substances insolubles dans l'alcool à 66°. On sépare par filtration le précipité, on évapore de nouveau le filtratum et on l'additionne de quatre vol d'alcool qui donnent un liquide à 80° duquel précipitent toutes les substances insolubles dans le mélange à ce degré alcoolique.

On obtient ainsi en bloc deux catégories de corps desquels il est encore possible de séparer des composés solubles dans les mélanges alcooliques à différents titres.

J'ai donc employé, aussitôt après l'alcool absolu, de l'alcool à 90° puis à 80° et de 10 en 10 degrès jusqu'à l'eau pure. J'ai poussé chaque lévigation jusqu'à épnisement absolu de la matière traitée, c'est-à-dire jusqu'à ce que quelques centimètres cubes du liquide de levigation ne donne plus aucun résidu ni aucune réaction.

A. — Examen des substances solubles dans l'éther de pétrole.

50 gr. de poudre impalpable sont mis en macération avec 500 gr. d'éther de pétrole pendant huit jours. Au bout de ce temps, la partie liquide est recueillie par filtration et évaporée à la température ordinaire. Il reste un résidu de couleur jaune vif et de consistance molle.

500 gr. de poudre végétale étant traités par l'éther de pétrole pour obtenir un résidu plus abondant, le résidu offre les caractères suivants :

La potasse, la soude et l'ammoniaque en dissolvent une partie. Cette dissolution est de couleur rouge foncée.

L'ébullition dans les alcalis ne donne lieu à aucune saponification.

L'alcool absolu, l'éther, la benzine et la chloroforme dissolvent en partie le résidu et laissent une partie insoluble, *a*.

La dissolution éther évaporée donne un résidu *b* qui peut être séparé en deux produits par l'action des alcalis. En effet, le traité à l'ébullition par l'ammoniaque donne une dissolution dans l'ammoniaque et un résidu *b'*.

La dissolution ammoniacale, traitée par un acide quelconque, laisse précipiter toute la matière dissoute que je désigne par *b''*.

En définitive, le résidu total abandonné par l'éther de pétrole contient trois corps.

L'un *a* soluble seulement dans l'éther de pétrole, sans réaction avec les bases ni avec les acides.

Une résine *b'* soluble dans les dissolvants habituels des résines, sans action sur les alcalis, brûlant avec une flamme blanche et fuligineuse, précipitant de sa solution alcoolique chaude par le refroidissement, soluble dans l'acide sulfurique concentré avec

coloration rouge vif et précipitant de cette dissolution sulfurique par addition d'eau.

Une résine *b*'' acide, soluble comme *b*' dans les dissolvants ordinaires des résines, précipitant de sa dissolution alcoolique chaude par le refroidissement, soluble dans les alcalis avec coloration rouge foncé, soluble dans l'acide sulfurique concentré avec coloration rouge vif et précipitant de cette dissolution sulfurique par addition d'eau, brûlant avec une flamme éclairante et fuligineuse.

J'ai vainement tenté de faire cristalliser cette substance b'' par refroidissement de la solution alcoolique, par plusieurs combinaisons successives avec alcalis et remise en liberté par un acide. Les réactions précédemment indiquées de ce corps sont les mêmes que celles de l'acide chrysophanique, mais le nouveau corps se sublime à une température plus élevée, bien au dela de 300° en donnant naissance à une huile d'odeur empyremmatique et se sublimant sans décomposition.

B. — Examen des substances solubles dans l'éther absolu.

Les 50 gr. de poudre provenant du traitement A sont, après dessication, traités par l'éther absolu (500 gr.).

Après une macération de huit jours, la liqueur est séparée par filtration et évaporée à siccité.

Une partie du résidu se montre exactement semblable au résidu du paragraphe A. C'est simplement ce qui a échappé à l'influence dissolvante du premier véhicule. Une autre partie mélangée avec du verre pilé et traitée successivement par l'eau pure pour la recherche de l'hémotoxiline, de l'acide gallique, de la pyrocatéchine, de l'acide salicylique et de l'acide benzoïque, puis par l'eau acidulée pour la recherche des alcaloïdes. Ces deux séries de recherches ne donnent aucun résultat.

La méthode de Osse ne donne pas d'huile essentielle.

C. — Examen des substances solubles dans l'alcool absolu.

Les 50 gr. de poudre provenant des essais *a* et *b* sont traités par macération avec 50 gr. d'alcool absolu. Après huit jours de macération, le liquide alcoolique est séparé de la poudre. La liqueur évaporée à viccité donne un résidu sec de couleur rouge foncé.

Ce résidu sec est traité par l'eau pure on obtient :

Un résidu *a*.

Une dissolution *b*.

a est traité par l'eau ammoniacale où il se dissout. Cette solution acidulée par l'acide acétique étant évaporée laisse un résidu de phlobaphènes insolubles dans l'eau.

La dissolution *b* précipite en noir les sels de fer et précipite de sa dissolution aqueuse la gélatine. Elle est donc composée de tannin.

D. — Examen des substances solubles dans l'alcool à 90°.

Les 50 gr. de poudre provenant des précédents essais sont placés dans un appareil à déplacement pouvant être chauffé à la vapeur grâce à une disposition spéciale.

Après épuisement complet par l'alcool à 90° froid, les liqueurs évaporées laissent un résidu présentant les mêmes caractères que celui de l'opération C.

E. — Substances solubles dans l'alcool à 80°.

Les liqueurs de lessivage passent claires.

F. — Substances solubles dans l'alcool à 70°.

Les liqueurs de lessivage dissolvent des principes et donnent la réaction du bleu de prusse après addition de H Cl.

Après épuisement complet, les liqueurs sont évaporées dans le vide à siccité.

Le résidu de couleur ambrée possède les propriétés suivantes :

Soluble dans l'eau en toutes proportions.

Ne donne pas la réaction de Lassaigne.

Ne réduit pas la liqueur cupropotassique.

Chauffé avec H Cl. étendu, pendant quelques heures, il donne la réaction du glucuse.

Chauffé à l'ébullition avec l'eau pure pendant plusieurs heures, il se décompose partiellement en laissant précipiter de l'oxyde de fer.

La dissolution concentrée précipite dans l'alcool absolu en donnant une poudre blanche amorphe.

La cristallisation est impossible, soit par précipitation brusque soit par diffusion lente. En versant de l'alcool absolu à la surface de la dissolution aqueuse et en abandonnant au repos pendant plusieurs jours, on obtient un dépôt adhérent aux bords du vase et dépourvu de forme cristalline.

Le ferrocyanure de potassium, le sulfocyanure de potassium, le tannin, l'acide salicylique ne donnent aucune réaction si un acide minéral n'a pas été ajouté au préalable à la dissolution.

Après incinération à l'air libre du composé il reste une cendre rougeâtre colorée par l'oxyde de fer, mais contenant outre cet oxyde de fer, de la chaux et d'autres bases.

L'impossibilité de séparer du résidu les matières minérales y contenues sans le détruire, m'a imposé l'obligation d'arrêter à ce point mes recherches. D'autre part, comme ce résidu est amorphe et qu'aucun criterium ne permet de savoir s'il est ou n'est pas pur, s'il est un corps défini unique ou un mélange, l'analyse élémentaire de ce rèsidu ne pourrait donner aucun résultat.

Il m'est simplement permis d'affirmer que le fer est combiné organiquement, soit que la molicule ferrugineuse forme à elle seule tout le résidu, soit qu'elle y existe simplement à l'état de mélange.

G. — Substances solubles dans l'alcool à 60°.

La matière épuisée par l'alcool à 70° est reprise par l'alcool à 60°.

Les liqueurs de lavage dissolvent de nouveaux principes et donnent la réaction du bleu de prusse après addition d'H Cl.

Le lessivage étant continué jusqu'à parfait épuisement, les liqueurs sont réunies et évaporées dans le vide.

Elles donnent lieu à un résidu dont les caractères sont identiquement semblables à ceux du résidu obtenu par le traitement F.

H. — Substances contenues dans les liqueurs alcooliques diminuant de 10° en 10° jusque et y compris l'eau pure.

Chacun des lessivages donne un résidu semblable à ceux obtenus par les traitements F et G.

I. — La poudre ayant été épuisée par tous les précédents véhicules est encore ferrugineuse. En effet, si l'on fait bouillir une petite quantité de cette poudre avec de l'eau acidulée, la réaction du bleu de prusse se fait encore avec une grande intensité.

Un traitement à l'eau acidulée par H Cl. épuise rapidement la poudre de tout le fer qu'elle contient, mais ce fer passe à l'état de chlorure.

Le traitement à l'eau chlorée épuise également la poudre de tout son fer, mais, là également, le principe ferrugineux est détruit par le chlore, et il est impossible d'extraire sans le modifier la molécule ferrugineuse.

De ces essais, on peut tout au moins, à défaut d'une connais-

sance exacte du principe ferrugineux, conclure que ce principe n'est pas unique, mais multiple.

Il n'est évidemment pas constitué par un sel de fer à acide organique puisqu'un pareil sel obéirait à une loi de solubilité précise et passerait tout entier dans l'un des liquides de lavage des opérations F à H ou bien serait entièrement insoluble.

Il doit donc exister une molécule organique dont le fer fait partie intégrante, molécule pouvant comporter toutes les isomeries ou polymeries qui expliqueraient les différentes solubilités observées.

L'analyse précédente trouve une confirmation dans les résultats des recherches microchimiques qui seront exposées plus loin. Que les coupes servant à l'observation microchimique aient été ou non débarrassées au préalable par une longue immersion dans l'eau du principe ferrugineux soluble, c'est toujours le suc cellulaire qui est imprégné de substance ferrugineuse ainsi que la substance cellulosique elle-même. Des principes solubles et insolubles sont mélangés et localisés dans les mêmes organes.

Analyse des Cendres

MÉTHODE

Epuisement des cendres par l'eau acidulée de H Cl.

Traitement de la dissolution par H^2S pour éliminer tout ce qui pourrait être précipitable par ce réactif.

La dissolution est ensuite portée à l'ébullition et filtrée, puis additionnée d'un grand excès d'ammoniaque, puis d'un grand excès d'acide acétique.

Les oxydes précipités d'abord par l'ammoniaque se redissolvent dans l'acide acétique. Le fer combiné à l'acide phosphorique reste à l'état de précipité qui est séparé par filtration, lavé, incinéré et pesé à l'état de pyrophosphate. (Fresenius).

La liqueur filtrée contenant encore du fer est traitée par le chlorhydrate d'ammoniaque et un excès d'ammoniaque. Le fer précipite à l'état de sesquioxyde mélangé d'alumine.

Le précipité de sesquioxyde est lavé dans la potasse bouillante, puis séparé par filtration et pesé.

L'acide sulfurique est dosé par le chlorure de baryum.

La chaux par l'oxalade d'ammoniaque est pesée à l'état de carbonate.

La magnésie par précipitation à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien dans le liquide débarrassé de la chaux.

La soude et la potasse sont dosées en bloc à l'état de chlorure après élimination par la chaux de toutes les autres bases.

L'analyse des cendres du rumex obtusifolius a donné :

Tiges et feuilles		100 gr.
Cendres		1 gr. 62
Fer	0 gr. 269	
Phosphore	0 gr. 172	
Acide sulfurique	0 gr. 054	
Chaux	0 gr. 080	
Magnésie	0 gr. 045	
Soude et potasse	0 gr. 140	
Silice	0 gr. 025	
Charbons et substances non dosées	0 gr. 835	
	1 gr. 620	

Racines		100 gr.
Cendres		5 gr. 690
Fer	0 gr. 447	
Phosphore	0 gr. 082	
Acide sulfurique	0 gr. 124	
Chaux	0 gr. 235	
Magnésie	0 gr. 122	
Soude et potasse	0 gr. 422	
Silice	2 gr. 533	
Sable, charbon, substances non dosées.	1 gr. 725	
	5 gr. 690	

Ces résultats sont la moyenne d'une dizaine d'analyses dont les résultats partiels ont été assez différents suivant la nature humide ou sèche du terrain.

Les extrêmes ont été pour les racines.

Fer.....	510 millig.	en terrain humide.
Phosphore.....	111 millig.	
Fer.....	360 millig.	en terrain sec.
Phosphore.....	72 millig.	

Le terrain ayant d'ailleurs la même composition.

Cette influence de l'humidité se vérifie chez le rumex crispus d'une manière très sensible.

L'apparition du bleu de prusse dans le réseau fibro-vasculaire, sur le cylindre central mis à nu se produisant sur des plants recueillis dans un bourbier ou dans l'eau courante au mois de juin, la même réaction n'apparaît qu'un mois plus tard chez les plants récoltés en terrain sec.

Influence de la nature du sol sur la teneur en fer

J'ai installé cinq cases de culture dans un terrain dont la teneur en fer est de 50 gr. Fe par kilogr. de terre.

L'une de ces cases n° 1 n'a pas reçu d'engrais ferrugineux.

La case n° 2 a été arrosée pendant deux mois tous les jours avec une solution étendue de sulfate de fer.

La case n° 3 a été traitée de même manière avec du nitrate de fer.

La case n° 4 avec du chlorure de fer.

La case n° 5 avec du carbonate de fer.

Chacune de ces cases a reçu au mois de juin neuf plants de *rumex crispus*.

Les plants des casiers 2, 3, 4, d'abord vigoureux n'ont pas tardé à périr.

Les plants des casiers 1 et 5 ont prospéré, mais les plants du casier 5 n'étaient pas à l'époque de la floraison plus ferrugineux que les plants du casier n° 1.

A partir de ce moment et sous l'influence d'une irrigation continue, le fer a augmenté dans les plants du casier 5 plus rapidement que dans les plants du casier 1. Après quinze jours d'irri-

gations continuelles, la richesse en fer s'était accrue fortement comme l'indique le tableau ci-dessous :

	CASE N° 1 naturelle	CASE N° 2 sulf. fer	CASE N° 3 nitrate fer	CASE N° 4 chlorure fer	CASE N° 5 carb. fer
25 Juin	plantation	plantation	plantation	plantation	plantation
15 Juillet		mort	mort	mort	
1er Août	25 mill. Fe °/₀₀				30 mill. Fe °/₀₀
15 —	id.				id.
Irrigation continuelle					
1er Septembre	75 mill. Fe °/₀₀				92 mill. Fe °/₀₀

Des plants recueillis dans les sables de l'Allier, soumis par conséquent à une humidité constante développent leurs racines sur une longueur d'un mètre et demi. Cette racine se recouvre d'une multitude de radicelles, devient charnue et très ferrugineuse.

Les plants recueillis le 8 août dans les sables de l'Allier donnent à l'analyse :

Racines fraîches	1 kil.
— sèches	92 gr,
Cendres	4 gr. 80.
Fer	52 millig.

Le sable nourricier contient 25 gr. de fer par kilog.

CHAPITRE IV

RECHERCHES MICROCHIMIQUES

Procédé

Les coupes sont faites sur des racines fraîches de *rumex crispus*, sur des racines et tiges sèches d'*obtusifolius*.

Les racines fraîches sont d'abord immergées dans l'alcool à 90° pour coaguler les hydrates de carbone du suc cellulaire qui contiennent le fer. Les coupes sont ensuite reçues dans le même alcool.

Réactifs

Ferrocyanure de potassium, solution saturée, fraîchement préparée avec de l'alcool à 60°.

Solution d'acide chlorhydrique dans l'alcool à 90° 1 %.

Les coupes sont d'abord portées dans le ferrocyanure alcoolique, puis après quelques minutes d'immersion, lavées à l'alcool à 60° et portées dans la solution chlorhydrique jusqu'à parfaite coloration, puis lavées de nouveau à l'alcool fort, éclaircies à l'essence de girofles, et montées dans le baume de canada.

Les racines et tiges sèches sont mises en macération dans l'alcool à 70°. Les coupes sont traitées de la même manière que ci-dessus.

Résultats

Rumex crispus. Racine. — Le fer est localisé dans les vaisseaux le liber et le cambium dès les premières périodes de la végétation.

Un peu plus tard, tous les tissus jeunes contiennent du fer, tant à l'intérieur de la cellule que dans sa membrane même. Le tissu fibreux est moins fortement imprégné que les tissus voisins. Dans le tissu cellulaire l'intensité de coloration du contenu cellulaire est plus considérable que celle de la membrane même, mais cette différence d'intensité est beaucoup plus appréciable dans la fibre. (Fig. 3).

Tige. — Même distribution que dans la racine. (Fig. 1).

Rumex obtusifolius, racine. — Dès le début de la végétation le fer apparaît en abondance. A l'apparition du stade secondaire de la racine on trouve une coloration intense du contenu des cellules cambiales et de leurs membranes. Le contenu des vaisseaux, contracté par l'alcool et appliqué contre les parois, se détache sur ceux-ci en épaisseur avec une forte coloration.

Les fibres avoisinant les vaisseaux ont un contenu plus coloré que leurs parois. La partie extérieure du parenchyme cortical est très fortement colorée.

A une époque de végétation plus avancée, l'intensité de coloration augmente dans tous les tissus déjà pourvus de fer, en même temps que dans le cambium et le liber qui demeurent les parties les plus fortement imprégnées. Une ou plusieurs rangées circulaires de cellules se détachent sur leurs voisines par une coloration d'une intensité égale à celle du cambium lui-même.

Tige. — Même distribution que dans la racine, mais les cellules fortement ferrugineuses qui avoisinent le cambium dans la racine se trouvent dans la zone chlorophyllienne de la tige primaire.

Pétiole. — Faisceaux libero-ligneux et quelques cellules parenchymateuses imprégnées de fer.

Feuille. — Même distribution.

CONCLUSIONS

Le fer organique en combinaison lâche des végétaux est un mélange d'un nombre indéterminé et probablement considérable de composés ferrugineux.

La matière ferrugineuse absorbée dans le sol par les végétaux subit dans la racine même, avant sa pénétration dans la tige et dans la feuille un commencement d'organisation.

Le *rumex obtusifolius* est le végétal le plus riche en fer de tous ceux qui ont été analysés jusqu'à ce jour, et présente de ce fait un intérêt thérapeutique.

LÉGENDE

B. surn. — bois surnuméraire.

lib. surn. — liber surnuméraire.

B. — bois.

lib. — liber.

par. sclér. — parenchyme scléreux.

par. cort. — parenchyme corticol.

C. F. — Cellules plus riches en fer que les voisines.

l. lac. — lacune.

U. — Utricules à tannin.

Camb. — Cambium.

ep. — épiderme.

col. — collenchyme.

sc. — sclerenchyme.

c. p. — cellules palissadiques.

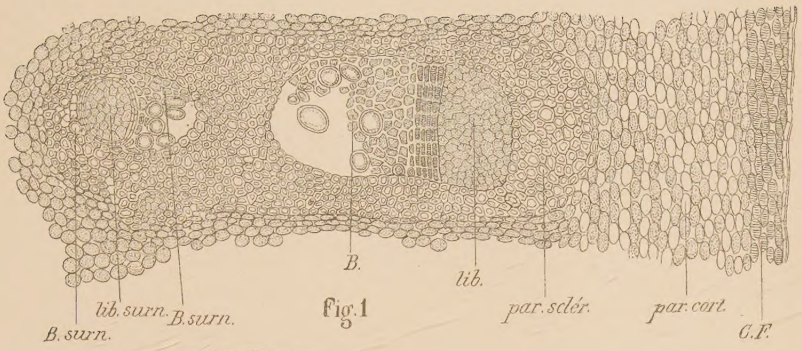

Fig. 1

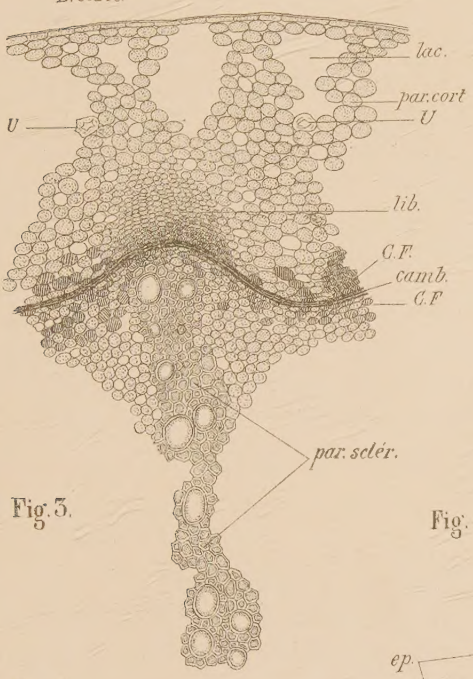

Fig. 3.

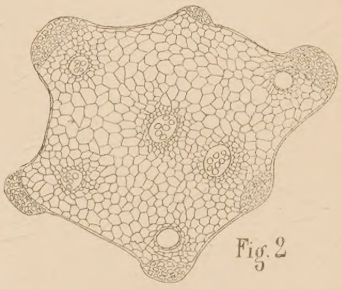

Fig. 2

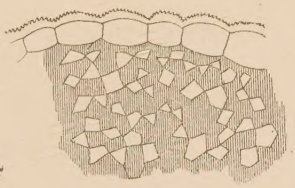

Fig. 4

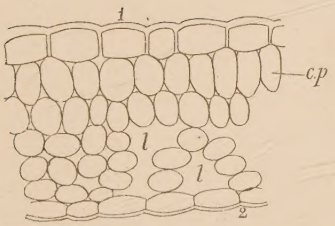

Fig. 6.

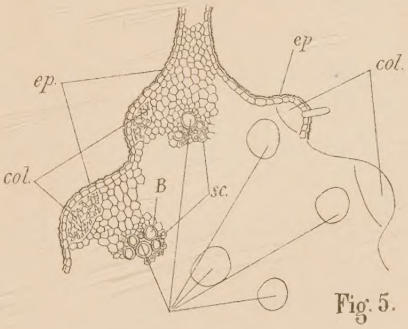

Fig. 5.

P. Saget del.

V. Roussel sc.

BIBLIOGRAPHIE

1856 Gumbel. — Mittheilungen über die Farber Flechte. *Lecanora ventosa* Ach. Deukschriften der Kaiserl. Wiener Akademie d. Wissenschaften m. n. Cl. XI. Bd 1856. 2 abth. S. 23.

1860 Weis und Wiesner s. Vorlaufige Notiz uber die directe Nachweisung des Eisens in den Zellen der Pflanze Sitzungsber der Kaiserl. Wiener Akad. 40 Bd 1860. S. 276-278.

1867 Perls. — Nachweis von Eisen oxyd in gewissen pigmenten. Virch. Archiv 1867. Bd 39. S. 42.

1868 Perls. — Nachweis von Eisen oxyd in gewissen pigmenten. Journal f. prakt. chemie. Bd 105. S. 281.

1878 Hamburger. — Ueber die Aufnahme und Ausscheidung des eisens ztsch. f. phys chemie 2. p. 191.

1884 Bunge. — Zeitschrift f. phys chem. t. IX p. 49.

1885 Bunge. — Ueber die Assimilation von Eisen zeitschr. f. phys chemie 9, p. 49.

1885 Herail. — Recherches sur l'Anatomie comparée de la tige des Dicotylédonnes. (Annales des Sciences nat. bot. 7e série, t. 20).

1892 Bunge. — Ueber den eisengehalt der leber. Ztsch. f. phys. chemie 17, p. 78.

1862 Hans Molish. — Die Pflanzen in ihren Beziehungen. Zum Eisen, Jena 1892.

1894 Macallum. — Absorption of iron Journ of physiol. April 94.

1895 Macallum. — On the distribution of assimilated iron compounds ether than hœmoglobin and hematins in animal and vegetable cells. Quart J. Mier. Sc Loud 1895. 6. VIII. 179-264, 3 pl.

1897 Viaud. — Le fer végétal. Bullet. de thérap. mod. chirurg. obstet. et pharmac. Paris 1897, II, 264-270.

1898 Bunge. — Die Assimilation des Eisens aus den Cerealien Ztsch. f. physiol chem. Strassb. 1898. XXV, 36-47.

1899 Perdrigeat. — Anatomie comparée des polygonacées, thèse pour l'obtention du diplôme supérieur de pharmacie, Bordeaux.

Encyclopédie chimique Fremy, toms X, application de chimie organique à l'étude des végétaux.

Van Thiegem. — Botanique.

Frésénius. — Analyse quantitative.

Vu :

Montpellier, le 3 Avril 1903,

Le Directeur de l'Ecole de Pharmacie,

MASSOL.

Vu, Accepté comme Thèse :

Les Professeurs,

JADIN, IMBERT, ASTRUC.

Vu et permis d'Imprimer :

Pour le Recteur,

Le Vice-Président du Conseil de l'Université,

MAIRET.

Cusset près Vichy — Imp. BOUCHET.